

作業規程の準則の一部改正（GNSS 標高測量の導入）
Partial Amendment of Working Rules for the Operation Specifications
– Introduction of GNSS Elevation Surveys –

企画部 植田 勲・橋本 栄治・松村 泰敬・稲澤 保行・根本 正美¹・永田 勝裕
Planning Department UEDA Isao, HASHIMOTO Eiji, MATSUMURA Yasuhiro,
INAZAWA Yasuyuki, NEMOTO Masami and NAGATA Katsuhiro
測地部 古屋 智秋²
Geodetic Department FURUYA Tomoaki

要 旨

公共測量の作業規程の規範となる「作業規程の準則」は、技術動向等を踏まえて適宜改正を行っている。令和 7 年 4 月 1 日に衛星測位を基盤とする標高体系への移行に伴い全国の基準点の標高成果が改定されたことに併せて、作業規程の準則の一部を改正した。新たな標高体系に対応するために、基準面補正の追加及びジオイド高の定義の変更、水準点の復旧測量に改算を追加した。また、新しい標高決定手法である「GNSS 標高測量」の公共測量への導入に当たり、既存の GNSS 測量機による水準測量をベースに作業方法及び精度管理方法を規定した。作業規程の準則に反映させた 3 級水準測量だけでなく、4 級水準測量及び簡易水準測量もマニュアルとして整備した。これらの改正により、GNSS 標高測量も含めたより効率的・効果的な標高決定が実現できる。

本稿では、改正内容の解説及び GNSS 標高測量の作業方法等の検討結果を紹介する。

1. はじめに

作業規程の準則（平成 20 年国土交通省告示第 413 号。以下「準則」という。）は、公共測量における標

準的な作業方法などを定めたもので、規格を統一し、必要な精度を確保するため、測量法（昭和 24 年法律 188 号。以下「法」という。）第 34 条に基づき国土交通大臣（国土地理院が実務を担当）が定めている。

国や地方公共団体等の測量計画機関が公共測量を行う際には、法第 33 条の規定に基づき、それぞれがその目的に応じた作業規程を定めて実施するが、それぞれの作業規程の規範となるものが準則である。しかしながら、測量計画機関がそれぞれの作業規程を一から作成することは、技術的にもコスト的にも難しいため、ほとんど全ての測量計画機関では準則をそのまま準用する形で作業規程を定めている。つまり、準則が改正されるということはほとんど全ての測量計画機関の作業規程の内容も同じく変わるということになる。

準則は、世の中の社会情勢、技術動向、利用者のニーズ等を踏まえて適宜改正されている。これにより新しい技術や基準などが公共測量の現場で使用できるようになり、公共測量の効率化が図られることになる。

本稿では、全国の基準点の標高成果の改定（以下「標高改定」という。）に伴い令和 7 年 3 月 31 日に

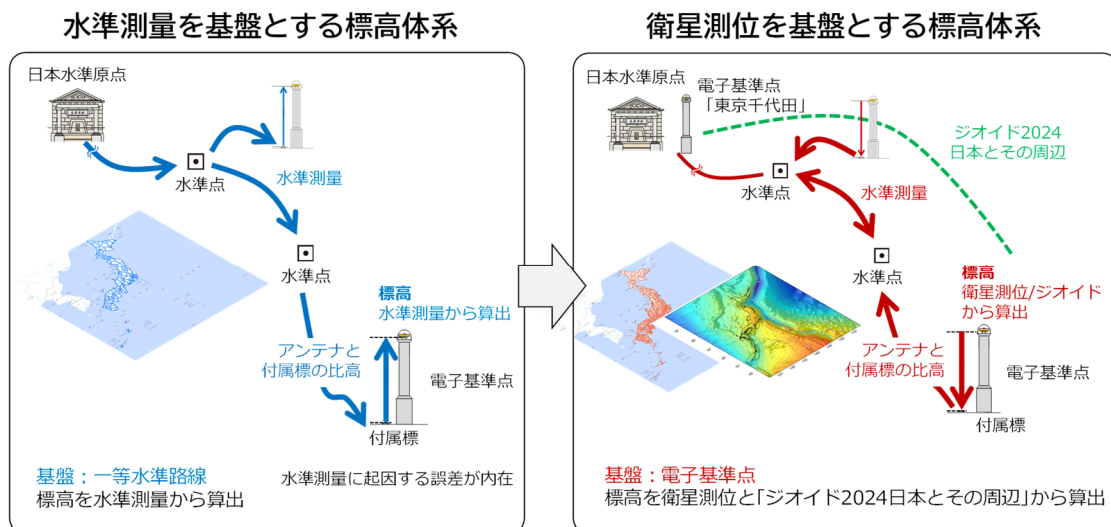


図-1 標高体系の変更

一部改正した準則の改正点について解説する。

2. 「作業規程の準則」の一部改正の概要

2.1 標高体系の変更への対応

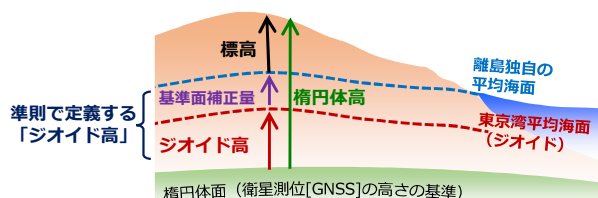
令和7年4月1日の標高改定により、標高の仕組みは水準測量を基盤とするものから衛星測位を基盤とするものとなった（古屋ほか，2026）（図-1）。この変更に対応するための改正を行った。

2.1.1 ジオイド高の求め方と基準面補正の追加

楕円体高と標高を相互変換する際にジオイド高が必要となる。準則第40条では「国土地理院が提供する最新のジオイド・モデル」からジオイド高を求めることとしており、標高改定以降はジオイド・モデルとして「ジオイド2024 日本とその周辺」を使用することになった。

一方で、沖縄島と一部の離島では、東京湾平均海面と離島独自の平均海面との差である「基準面補正量」を「ジオイド2024 日本とその周辺」から求めたジオイド高に加える必要がある（飯尾ほか，2026）

（図-2）。準則ではこの値を「ジオイド高」と定義した。これは、後続の条文において、楕円体高と標高を相互変換する際の表現を簡便にするための措置であり、科学的なジオイド高の定義ではないことに注意が必要である。



$$\text{標高} = \text{楕円体高} - \text{ジオイド高} - \text{基準面補正量}$$

図-2 離島の平均海面と基準面補正量

2.1.2 電子基準点付属標が全等級の既知点に

標高の仕組みが変更となったことにより、日本水準原点→電子基準点（本点）→電子基準点付属標→水準点の順で標高成果が決まるようになった。レベル等による水準測量の既知点として、これまでは電子基準点（二等水準点）及び電子基準点（三等水準点）が各々それ以下の等級の水準測量において使用可能であったが、今回の改正で電子基準点付属標が全等級で使用可能となった（準則第48条）。なお、これに伴い、電子基準点（二等水準点）及び電子基準点（三等水準点）は廃止となっている。

2.1.3 水準点の復旧測量に改算を追加

水準測量の復旧測量において、これまで改算（計

算による成果改定）は設定されていなかった。国土地理院では、標高改定に併せて測地成果2011の成果から測地成果2024に移行するための「測地成果2024移行のための水準点標高補正パラメータ」を提供しており（古屋ほか，2026）、このパラメータを利用した改算を可能とした（準則第102条）。あわせて、パラメータによる改算方法を示した「公共測量成果改定マニュアル」も一部改正している。

2.2 GNSS 標高測量の導入

GNSS 標高測量は、衛星測位を基盤とする最新の値「測地成果2024」に対応した新たな標高決定手法である。これにより、明確な基準日（元期）における精密な標高を衛星測位によって迅速に得られる環境が整う。GNSS 標高測量のうち3級水準測量については、準則にこれまで規定されていた「GNSS 測量機による水準測量」（以下「GNSS 水準測量」とい

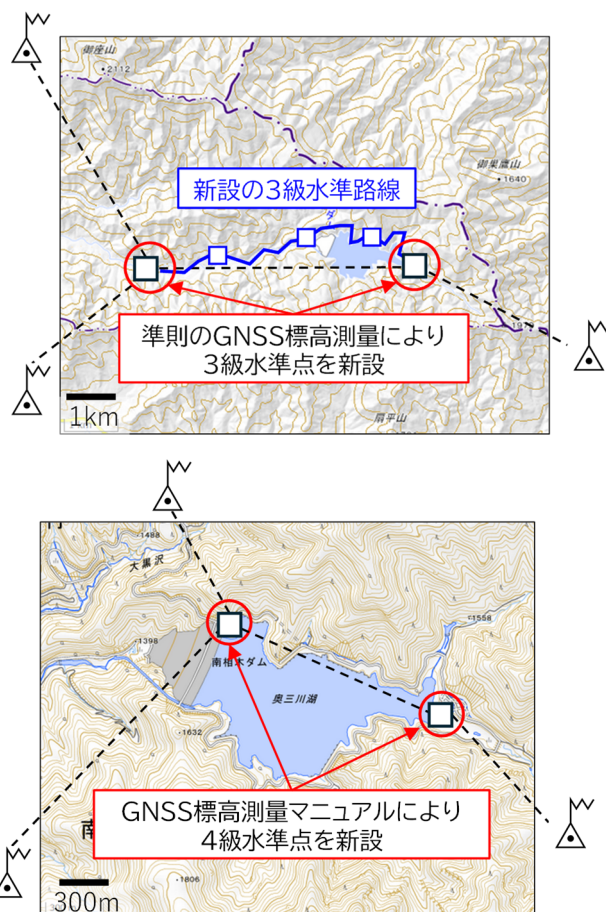


図-3 GNSS 標高測量の使用例

（上図）既存の水準点が近傍にない場合で、準則のGNSS 標高測量により3級水準点（□）を設置。その間を結ぶ3級水準路線を設置。

（下図）既存の水準点が近傍にない場合で、GNSS 標高測量マニュアルにより4級水準点（□）を設置。

う.) に新しい技術が付加された手法ではなく、これまでに作業の実績がある。このため、必要な変更を加えた上で、GNSS 水準測量から GNSS 標高測量に置き換える形とした。4 級水準測量及び簡易水準測量については、これまでに作業の実績がないため、準則第 17 条第 3 項に規定するマニュアル「GNSS 標高測量による 4 級水準測量及び簡易水準測量マニュアル」（以下「GNSS 標高測量マニュアル」という。）として整備した。これらの結果、ユーザーはそれぞれの目的に応じた最適な測量方法を選択できるようになった（図-3）。GNSS 標高測量の作業内容等の詳細は 3. で述べる。

2.4 その他

2.4.1 三次元点群データを使用した断面図作成マニュアルの準則への反映

三次元点群データを使用した断面図作成マニュアル（以下「断面図作成マニュアル」という。）は、平成 28 年 6 月に公表され、公共測量において一定の適用実績を積んでおり、主に路線測量及び河川測量における縦断面図又は横断面図の作成に活用されている。これらの適用実績と測量作業機関へのヒアリング結果を踏まえ、一部修正を加えた上で断面図作成マニュアルを準則へ反映した。測線への標高付与

は、断面図作成マニュアルでは、オリジナルデータ又はグラウンドデータから、数値地形モデル (TIN) を介して断面図を作成していたが、準則では、地形の形状、断面図データの使用目的及びオリジナルデータ等の点密度を考慮し、最近隣法又は TIN 法を用いることを標準とした（準則第 387 条）。

2.4.2 地図情報レベルに応じた点密度を規定

航空レーザ測量及び航空レーザ測深測量において、地図情報レベルはグリッドデータの格子間隔を用いて関係付けされていた。しかし、最近の三次元点群測量では、グリッドデータを作成せず、三次元点群データを成果品とする場面も増えてきている。実態に合わせるために、点密度の規定を追加した（準則第 543 条、第 584 条）。

2.4.3 計算式の効率化

準則の付録 6 計算式集には、地球楕円体上の経緯度座標及び平面直角座標系における X, Y 座標の相互間の座標換算に当たっての計算式が提示されている。この計算式をより簡明な計算方法（河瀬, 2011）に変更した。

表-1 GNSS 標高測量（3 級水準測量）と GNSS 水準測量の相違点

項目	GNSS 標高測量	GNSS 水準測量	備考
標高成果	測地成果 2024	測地成果 2011	全国の標高成果の改定による。
ジオイド・モデル	ジオイド 2024 日本とその周辺	日本のジオイド 2011	
既知点の種類	電子基準点 全点	電子基準点 約 850 点 一部の水準点	電子基準点全点を使用可能に。
セミ・ダイナミック補正の有無	あり	なし	標高にも元期を設定。
点間距離	6 km 以上	6 km～40 km	既知点とする電子基準点は作業地域近傍のものとする。 条件付きで点間距離の制限を緩和。
	急峻な地形等により両点間のレベル等による水準測量の観測距離が 6 km 以上になることが明らかな場合は、短縮可能。	—	
路線の辺数	5 辺以下	6 辺以下	全ての電子基準点が利用可能となることから、路線の辺数を変更する。
路線長	制限なし	60 km 以下	近傍の電子基準点を使用。
三次元網平均計算斜距離の残差	30 mm 以下	80 mm 以下	電子基準点～新点の平均距離と既知点間の楕円体高の閉合差から算出。

3. GNSS 標高測量の詳細

3.1 GNSS 標高測量と GNSS 水準測量の相違点

GNSS 標高測量と GNSS 水準測量は、採用している標高の仕組みが異なるため、全く別の測量手法である。しかしながら、現場の作業内容に大きな違いはない。GNSS 標高測量（3 級水準測量）の規定のうち、GNSS 水準測量の規定との主な相違点を表-1 に示す。観測時間（5 時間以上）、前後半に分けた基線ベクトルの較差及び既知点間の楕円体高の閉合差の点検についての変更はない。

3.2 観測時間と点間距離

測量作業機関等から、観測時間の短縮のニーズ並びに新点間の距離、既知点と新点間の距離及び既設点と新点間の距離（以下「点間距離」という。）の短縮のニーズが多くあったため、レベル等による水準測量の往復差の許容範囲内に収まる GNSS の観測条件を電子基準点の観測データ及び水準路線上での GNSS 試験観測の結果を用いて検討した。

図-4 に様々な観測時間・点間距離（基線長）での GNSS 基線解析結果とレベル等による水準測量の許容範囲との関係を示す。電子基準点の観測データを用いた検証では、全国に設置された電子基準点のうち、近傍の電子基準点とペアを構成し、基線解析を行った。24 時間解析の 3 か月平均の比高差を真値として、2～5 時間解析の結果と真値の差分から RMS を求めた（図-4 緑点）。水準路線上での GNSS 試験観測では、距離の異なる水準点間でペアを構成し、基線解析を行った。ここでは各水準点の測量成果を元にした比高を真値として、各時間の基線解析の結果と真値の差分から RMS を求めた（図-4 青点）。こうして得られた RMS と基線長の関係をプロットし、さらにレベル等による水準測量の許容範囲（往復観測値の較差）を図示している。

図-4 から、電子基準点データの RMS と水準点上での観測データの RMS が、同様の傾向であることから、以降の検討は多くの基線長のパターンを作ることができる電子基準点の観測データを基に行った。緑点線は電子基準点データの RMS の回帰直線である。実際の GNSS 標高測量においては、緑点線で示す GNSS 観測そのものがもつ誤差の他に、観測や解析の際に入り込んでくる誤差を考慮する必要がある。赤点線はこれらの誤差及び電子基準点データの RMS の回帰直線（緑点線）の二乗和である。

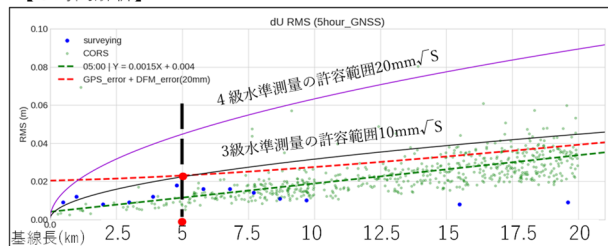
3 級水準測量において、5 時間解析は、5 km 以上の点間距離を取ることで水準測量の往復差の許容範囲内に入り、4 時間解析、2 時間解析では、それぞれ 8 km 以上、9 km 以上の点間距離を確保する必要がある。

以上から、GNSS 標高測量（3 級水準測量）では、

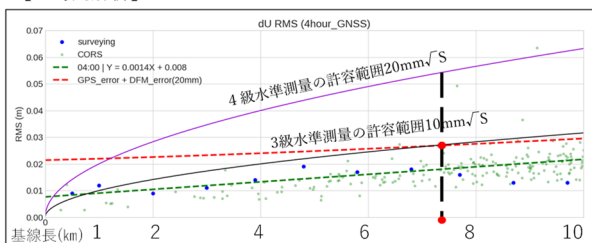
GNSS 水準測量と同じ作業方法を踏襲し、観測時間は 5 時間以上、点間距離は 6 km 以上とした。

一方で、作業地域周辺が急峻な地形や河川などにより分断された地形であって、設置した水準点を使用してレベル等による水準測量を実施する場合に、観測距離が 6 km 以上になると見込まれる場合（図-5）は、点間距離が 6 km 未満でも可とする緩和措置を新設した（準則第 75 条）。

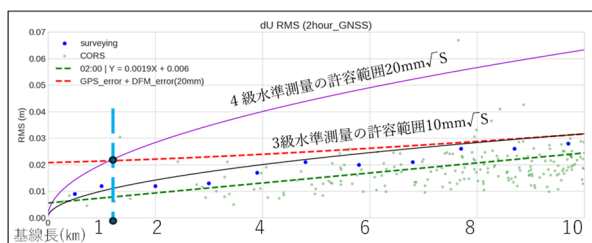
【5 時間解析】



【4 時間解析】



【2 時間解析】



- 電子基準点による解析結果（24時間解析の3か月間平均を真値）
- 水準点上でのGNSS観測（水準点間の比高を真値）
- 電子基準点RMS回帰直線（①）
- ①と実際の測量時に観測及び解析で見込まれる誤差（②）
- ②と3級水準測量の往復差許容範囲との交点
- ②と4級水準測量の往復差許容範囲との交点

図-4 GNSS 観測時間・点間距離と水準測量許容範囲との関係



図-5 点間距離が緩和される例

GNSS 標高測量マニュアルとして整備した 4 級水準測量の観測時間と点間距離についても、3 級水準測量と同様に、4 級水準測量の往復差の許容範囲を考慮して図-4 を基に検討した。その結果、観測時間は 2 時間以上、点間距離は 1 km 以上とした。なお、1 級水準測量及び 2 級水準測量については、現実的な観測条件でレベル等による水準測量と同等の相対精度を確保することができない。よって、GNSS 標高測量ではこれらの等級は規定していない。引き続きレベル等による水準測量を実施することになる。

3.3 アンテナ高の測定方法

GNSS 測量機のアンテナ高の測定方法において、GNSS 水準測量では、測定ミスが成果に直結するため、基準点測量よりも厳格なものとしてきた。GNSS 標高測量においても、測定回数と測定の較差の許容範囲を踏襲することにした。測定方法については、距離を垂直に測定することを標準としており、コンベックスルール（鋼製巻尺）と水平器を使用した方法を推奨しているが、今回の一部改正から、この方法と同精度の測定値が得られる方法も使用できるものとした（準則第 89 条）。

3.4 観測の良否の点検方法

GNSS 水準測量では、点検計算における前後半データを用いた基線ベクトルの較差点検を設定していた。その許容範囲（ ΔN : 20 mm, ΔE : 40 mm）が基準点測量における新点間の基線等（短基線）を想定した許容範囲に準じたものであり、GNSS 標高測量（長基線の解析）には適さないこと、最終的な成果は 5 時間データから計算されることを踏まえ、GNSS 標高測量への移行に当たって、この点検の有効性について検討した。

検証には令和 4 年度に実施した全国 152 点の水準点上での GNSS 観測データを使用した。前後半データを用いた基線ベクトルの較差点検の許容範囲を超過した観測点及び制限内であっても観測結果に疑義がある観測点から 10 点、19 データを抽出し（図-6）、GNSS 観測データの再解析を実施した。水準点の測地成果 2024 における標高と GNSS 標高測量（令和 4 年度データ）にて再計算して得られた標高の差が、3 級水準測量 6 km の往復差の許容範囲である 24 mm 以内であれば、正しい成果を得られたものとして評価した。

その結果を表-2 に示す。前後半基線ベクトル較差の許容範囲以内の観測では、良好な成果が得られた。一方、 ΔN 、 ΔE 、 ΔU のいずれかの成分が許容範囲を超過した観測では、測地成果 2024 から 24 mm 以上ずれた成果が得られた。

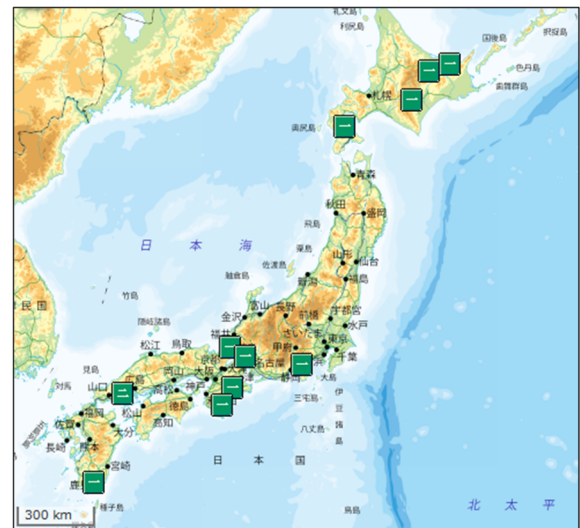


図-6 GNSS 標高測量の検証に用いた水準点

表-2 前後半に分けた基線ベクトルの較差の点検及び測地成果 2024 との較差

点名	観測日	前後半基線ベクトルの較差 (m)			測地成果 2024 との較差 (m)	備考
		ΔN	ΔE	ΔU		
準基 1360	2022-12-13	0.000	0.017	0.016	-0.007	最終成果良好。前後半較差が制限内。準基 1400, 準基 133, I □1533, I □188-1 も同様。
II □ 942	2023-01-06	-0.008	-0.034	0.028	0.037	最終成果不良。ΔE で排除可能。I □8129 も同様。
I □ 5976	2022-11-29	-0.007	-0.001	0.056	-0.037	最終成果不良。ΔU で排除可能。I □2517, I □8129 も同様。

※赤字は、較差が許容範囲外又は測量成果 2024 との較差が 24 mm 以上のもの

以上の結果から、前後半基線ベクトルの較差で点検することにより、取得した観測データの良否、再測量が必要かどうかの判断及び最終成果の良否の判断が可能となることが分かり、その有効性が確認できた。よって GNSS 標高測量においても GNSS 水準測量と同様に前後半基線ベクトルの較差による点検を設定することとした（準則第 94 条）。

3.5 斜距離の残差の許容範囲の設定

三次元網平均計算後に算出される斜距離の残差の許容範囲は、既知点間の楕円体高の閉合差の制限（3 級水準測量：15 mm/√S（S は観測距離で km 単位）※レベル等による水準測量での既知点から既知点までの閉合差）から算出した値であり、算出方法は以下のとおりである。

GNSS 標高測量の平均基線長は電子基準点の配点密度から 14 km 程度と想定し、既知点間の最大閉合差と同じ残差が各成分で発生（楕円体高は 15 mm/√S km、東西・南北は楕円体高の 1/2 として 7.5 mm/√S km）したとすると、各成分の最大残差は楕円体比高で 56 mm、東西/南北成分で 28 mm となる。方位角が 0 度の基線で、南北成分及び楕円体比高において最大残差が発生した場合がもっとも条件が厳しくなるが、この場合での斜距離の残差は最大で 30 mm 程度になる。

令和 4 年度に実施した水準点上での GNSS 観測データを再解析した結果、残差は最大でも 19 mm であったことから、上述の 30 mm は妥当だと判断した（表-3）（準則第 95 条）。

表-3 斜距離の残差

点名	観測日	斜距離の残差 (m)		
		基線 1	基線 2	基線 3
準基 1360	2022-12-13	0.003	-0.002	0.002
	2022-12-22	0.011	0.002	0.009
II □ 942	2022-12-19	0.002	0.002	0.001
	2023-01-06	0.008	-0.004	0.015
I □ 5976	2022-11-29	0.006	0.005	0.002
	2022-12-09	0.002	0.004	0.003
I □ 8129	2022-12-08	0.001	0.018	0.002
I □ 188-1	2022-12-07	-0.002	0.008	0.019

3.6 GNSS 標高測量で求まる標高の検証

3.4 で再解析した 10 点、19 データのうち、GNSS 標高測量の各種点検をクリアし、最終的に得られた標高と測地成果 2024 における水準点の標高との較差の分布を図-7 に示す。較差は-26 mm～+31 mm の範囲で、3 級水準測量 6 km の往復差の許容範囲である 24 mm 以内のものが大半であった。観測結果の思わしくないデータを抽出しての検証であることも考慮すると、GNSS 標高測量で設定した新点の設置条件（点間距離）に問題はないと考えられる。

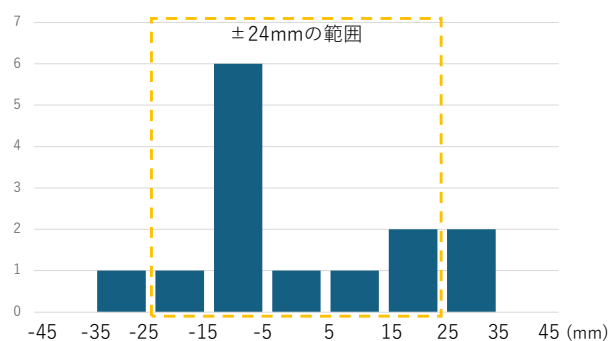


図-7 GNSS 標高測量で得られた標高と測地成果 2024 との比較

3.7 基準点測量への観測データへの併用

衛星測位を基盤とする標高体系に移行したことにより、標高においても元期が設定され時間管理が可能となったため（古屋ほか、2026）、GNSS 標高測量においても基準点測量と同様にセミ・ダイナミック補正を実施することとした。また、GNSS 標高測量（3 級水準測量、4 級水準測量）では、1 級基準点測量相当の 2 時間以上観測データが得られる。以上から、GNSS 標高測量と同じ観測データ及び基線解析結果を用いて、基準点測量の成果としても整理することが可能となった。測量作業の効率化が期待される。ただし、両者では、点間距離、アンテナ高の測定方法、点検計算の許容範囲が異なるので注意が必要である。

4. まとめ

令和 7 年 4 月の全国の基準点の標高改定により、全国の標高は衛星測位を基盤とする最新の値「測地成果 2024」になった。衛星測位を基盤とする標高体系への対応のほか、三次元点群データを使用する新たな測量技術を反映するために準則の一部を令和 7 年 3 月 31 日に改正し、4 月 1 日に施行した。

今回の改正により、従来の GNSS 水準測量に代わって GNSS 標高測量（3 級水準測量）が公共測量で使用できるようになった。両者の現場での作業手順に大きな違いはないが、使用するジオイド・モデル

の変更やセミ・ダイナミック補正を適用させる等、仕組みは大きく異なる。GNSS 標高測量の各種条件の設定に当たっては、GNSS 観測において、レベル等による水準測量と同等の相対精度を確保できる条件とした。さらに、4 級水準測量及び簡易水準測量に対象範囲を拡大した GNSS 標高測量マニュアルを

整備したことにより、レベル等による水準測量と併せてユーザーの目的に応じた最適な測量方法を選択することで、より一層、効率的・効果的な標高決定を実現できる。

（公開日：令和 8 年 3 月 16 日）

参 考 文 献

- 古屋智秋，井上武久，針間栄一郎，檜山洋平，岩下知真子，多田直洋，高築晶，山田直輝，田上節雄，吉川忠男，中久喜智一，下平佳朱美，飯尾研人，松原柚季，石川典彦，山下達也，高松直史，宮崎隆幸，橋本繭未，村上真亮，宗包晃子，齋田宏明，影山勇雄，湯通堂亨（2026）：衛星測位を基盤とする標高体系への移行に伴う基準点の標高成果の改定，国土地理院時報，140，1–22. doi: 10.57499/JOURNAL_140_01
- 飯尾研人，井上武久，古屋智秋，田上節雄，松原柚季，岩下知真子，吉川忠男，多田直洋，高築晶，山田直輝，瀬川秀樹，山下達也（2026）：新たな標高体系における基準面補正量の導入，国土地理院時報，140，23–28. doi: 10.57499/JOURNAL_140_02
- 河瀬和重（2011）：Gauss-Krüger 投影における経緯度座標及び平面直角座標相互間の座標換算についてのより簡明な計算方法，国土地理院時報，121，109–124. doi: 10.57499/JOURNAL_121_12